

10/451,681 116323 41018123 P005

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002年8月8日 (08.08.2002)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/061502 A1

(51) 国際特許分類:

G02F 2/02, H01S 3/10

(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(21) 国際出願番号:

PCT/JP01/11329

(22) 国際出願日: 2001年12月25日 (25.12.2001)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願2001-22316 2001年1月30日 (30.01.2001) JP

(71) 出願人および

(72) 発明者: 前田 佳伸 (MAEDA, Yoshinobu) [JP/JP]; 〒510-0874 三重県四日市市河原町2220 Mie (JP).

(74) 代理人: 池田 治幸 (IKEDA, Haruyuki); 〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅3丁目15番1号 名古屋ダイヤビルディング2号館 Aichi (JP).

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ヨーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

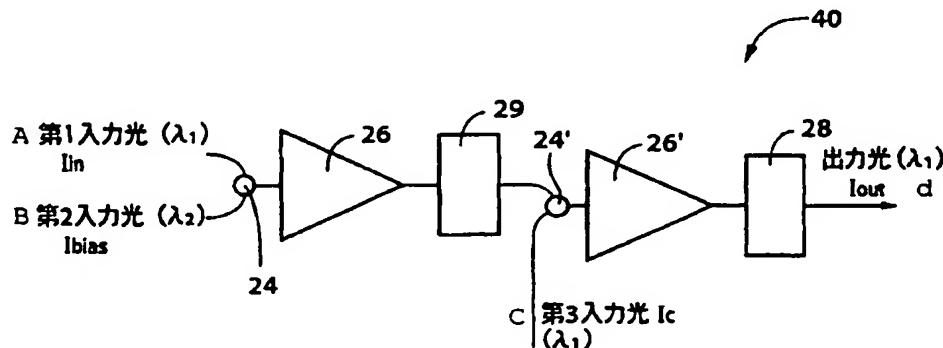
添付公開書類:

— 国際調査報告書

[総葉有]

(54) Title: OPTICAL CONTROL METHOD AND DEVICE

(54) 発明の名称: 光制御方法および装置



A...FIRST INPUT BEAM ( $\lambda_1$ )

B...SECOND INPUT BEAM ( $\lambda_2$ )

C...THIRD INPUT BEAM Ic ( $\lambda_1$ )

d...OUTPUT BEAM ( $\lambda_1$ )

WO 02/061502 A1

(57) Abstract: An optical control device capable of controlling an optical signal with an optical signal. A first laser beam ( $L_1$ ) of a wavelength ( $\lambda_1$ ) and a second laser beam ( $L_2$ ) of a wavelength ( $\lambda_2$ ) are multiplexed by a first coupler (24) and inputted to an optical amplification device (26). A beam of wavelength ( $\lambda_2$ ) selected by a first optical filter device (29), out of the beams from the optical amplification device (26) and a third laser beam ( $L_3$ ) of the wavelength ( $\lambda_1$ ) are multiplexed by a second optical coupler (24') and inputted to a second optical amplification device (26'). The beam of the wavelength ( $\lambda_1$ ) selected by a second optical filter element (28), out of the beams from the second optical amplification device (26') is amplified and outputted, as shown by an output signal (Iout) in FIG. 10 (a). The first laser beam ( $L_1$ ) of the first wavelength ( $\lambda_1$ ) can be outputted as the output beam of the first wavelength ( $\lambda_1$ ) by carrying out control, e.g., switching it with the third input beam of the first wavelength ( $\lambda_1$ ).

[総葉有]



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

光信号の制御を光信号で行うことができる光制御装置を提供する。波長 $\lambda_1$ の第1レーザ光 $L_1$ および波長 $\lambda_2$ の第2レーザ光 $L_2$ が第1の光カプラ(24)により重畳されて光増幅素子(26)に入力されるとともに、その光増幅素子(26)からの光のうちの第1の光フィルタ素子(29)によって波長 $\lambda_2$ について選択された光と波長 $\lambda_1$ の第3レーザ光 $L_3$ とが第2の光カプラ(24')により重畳されて第2の光増幅素子(26')に入力される。そして、その第2の光増幅素子(26')からの光のうちの波長 $\lambda_1$ について第2の光フィルタ素子(28)により選択された光が図10の(a)に示す出力信号 $I_{out}$ に示すように增幅されて出力される。第1波長 $\lambda_1$ の第1レーザ光 $L_1$ を第1波長 $\lambda_1$ の第3入力光を用いてスイッチングするなどの制御をして第1波長 $\lambda_1$ の出力光として出力したりすることが可能となる。

## 明細書

## 光制御方法および装置

5

## 技術分野

本発明は、光信号を増幅、制御、或いはスイッチングする光機能素子、特に、高度情報処理が可能な光通信、光画像処理、光コンピュータ、光計測、光集積回路などの光エレクトロニクスに好適な光制御方法および光制御装置に関するものである。

## 背景技術

広帯域且つ高速伝送が可能な光ファイバ通信を用いた動画像通信や映像の分配といった広帯域な新サービスの広範な展開が期待されている。しかしながら、たとえばエレクトロニクスで言えば3端子のトランジスタに相当するような機能（能動）素子、すなわち光信号を他の光信号で直接制御するような光機能素子は、未だ実現されていない。

このため、折角、高速で伝送した光信号を一旦電気信号に変換し、電子回路において情報処理が行われ、処理後の信号を再度光に変換して伝送するというのが実情である。したがって、光を光で直接制御することができないので、信号処理の高速性に限界があった。光信号のまま信号処理ができる場合には、並列処理が可能であると言われており、一層の処理時間の短縮化が期待できるのである。

## 発明の開示

25 本発明は以上の事情を背景として為されたものであり、その目的とするところは、光信号の処理を光で直接行うことができる光制御方法および装置を提供することにある。

本発明者は、以上の事情を背景として種々の検討を重ねた結果、希土類元素添

加ファイバアンプ（光増幅素子）において、所定波長 $\lambda_1$ の入力光の周囲波長の自然放出光が、その入力光の強度変化に応答し、その変化は入力光の信号強度変化に対して逆の強度変化をすることを見いだした。また、その自然放出光の波長域内すなわち入力光の周囲波長域内の他の波長 $\lambda_2$ のレーザ光を上記入力光に重5 叠させて入射させると、上記自然放出光の信号（振幅）変化は維持されつつ、全体の強度が急激に増加するという現象すなわちレーザ誘導光信号増強効果（Laser induced signal enhancement effect）を見い出した。さらに、本発明者は、半導体光増幅素子において、上記と同様な現象の他に、前記波長 $\lambda_2$ のレーザ光を重疊させる代わりに半導体光増幅素子内で発生した光の中から波長 $\lambda_2$ の光を10 選択的に出力させることによって、上記と同様な現象が得られることを見いだした。これらの現象は、波長 $\lambda_1$ から $\lambda_2$ への光信号の波長変換と考えられる。そして、その波長変換方法を2段接続するタンデム波長変換方式による光3端子素子（Tandem Wavelength Conversion Optical Triode）を着想し、その光制御方法および光制御装置をも見いだした。本発明はかかる知見に基づいて為されたもの15 である。

すなわち、請求項1に対応する発明すなわち第1の光制御方法の要旨とするところは、(a) 第1波長の第1入力光を第1光増幅素子に入力することにより該第1入力光の波長を含むその第1光増幅素子の增幅利得のある波長域の光を第1入力光の強度変化に応答して強度変化させる工程と、(b) 前記第1光増幅素子の増20 幅利得のある波長域内にある第2波長のレーザ光を前記第1光増幅素子に入力させる工程と、(c) 前記第1光増幅素子から放出された光のうち第2波長の光を選択して第2光増幅素子に入力させる工程と、(d) 前記第1波長のレーザ光またはその第1波長を含む前記第2光増幅素子の増幅利得のある波長域内にある第3波長のレーザ光を前記第2光増幅素子に入力させる工程と、(e) 前記第2光増幅素25 子から出力された光のうち前記第1波長または第3波長の光を選択して第1波長または該第3波長の光を出力する工程とを、含むことにある。

また、上記光制御方法を好適に実施するための発明すなわち請求項5に対応する光制御装置の要旨とするところは、(a) 第1波長の第1入力光が入力されるこ

とにより、該第1入力光の波長を含む増幅利得のある波長域内の光を第1入力光の強度変化に応答して強度変化させる第1光増幅素子と、(b) その第1光増幅素子の増幅利得のある波長域内にある第2波長のレーザ光を前記第1光増幅素子に入力させる第1光入力素子と、(c) 前記第1光増幅素子から放出される光のうち  
5 第2波長の光を選択する第1光フィルタ素子と、(d) その第1光フィルタ素子により選択された第2波長の光が入力させられることにより、該第2波長の波長を含む増幅利得のある波長域内の光をその第2入力光の強度変化に応答して強度変化させる第2光増幅素子と、(e) 前記第1波長のレーザ光またはその第1波長を含むその第2光増幅素子の増幅利得のある波長域内の第3波長のレーザ光をそ  
10 の第2光増幅素子に入力する第2光入力素子と、(f) その第2光増幅素子から出力された光のうちから第1波長または第3波長に光を選択して該第1波長または第3波長の出力光を出力する第2光フィルタ素子とを、含むことにある。

このようにすれば、光信号で光信号を増幅およびスイッチング制御可能な3端子の制御方法および装置が得られる。すなわち、第1光増幅素子では、第1入力光の強度変化に応答して強度変化させられる増幅利得のある周囲波長光の波長域  
15 内の第2波長の第2入力光（レーザ光）が入力されると、その第2波長の増幅光が取り出されて第2光増幅素子に入力され、ここにおいてもその第2波長の増幅光の強度変化に応答して強度変化させられる増幅利得のある周囲波長光の波長域内の第3波長（または第1波長）の第3入力光がその第2光増幅素子に入力させ  
20 られると、その第3波長（または第1波長）の出力光が出力される。この出力光は、第3入力光に同期してスイッチングされるとともに、さらに増幅されている。

また、前記目的を達成するための請求項2にかかる発明すなわち第2の光制御方法の要旨とするところは、(a) 第1波長の第1入力光を第1半導体光増幅素子に入力することによりその第1半導体光増幅素子内で発生する光を該第1入力光の強度変化に応答して強度変化させる工程と、(b) 前記第1半導体光増幅素子内で発生する増幅利得のある波長域内の光のうち第2波長の光を選択してその第2半導体光増幅素子に入力させる工程と、(c) 前記第1波長のレーザ光またはその第1波長を含む上記第2半導体光増幅素子の増幅利得のある波長域内にある第3

波長のレーザ光を前記第2半導体光増幅素子に入力させる工程と、(d) 前記第2半導体光増幅素子から出力された光のうち前記第1波長または第3波長の光を選択して第1波長または該第3波長の光を出力する工程とを、含むことにある。

また、上記第2の光制御方法を好適に実施するための請求項6に対応する光制御装置の要旨とするところは、(a) 第1波長の第1入力光が入力されることにより、第1入力光の波長を含む增幅利得のある波長域内の光を第1入力光の強度変化に応答して強度変化させる第1半導体光増幅素子と、(b) 前記第1波長の光を前記第1半導体光増幅素子に入力する第1光入力素子と、(c) その第1半導体光増幅素子内で発生する增幅利得のある波長域内の第2波長の光を選択して出力光を取り出す第1光フィルタ素子と、(d) その第1光フィルタ素子から出力された第2波長の光が入力させられることにより、該第2波長を含む增幅利得のある波長域内の光を該第2波長の光の強度変化に応答して強度変化させる第2半導体光増幅素子と、(e) 前記第1波長のレーザ光またはその第1波長を含む上記第2半導体光増幅素子の增幅利得のある波長域内の第3波長のレーザ光を前記第2半導体光増幅素子に入力する第2光入力素子と、(f) 前記第2半導体光増幅素子から出力された光のうちから第1波長または第3波長の光を選択して該第1波長または第3波長の出力光を出力させる第2光フィルタ素子とを、含むことにある。

このようにすれば、光信号で光信号を增幅およびスイッチング制御可能な3端子の制御方法および装置が得られる。すなわち、第1半導体光増幅素子では、第1入力光の強度変化に応答して增幅利得のある波長域内の光が強度変化され、その第1半導体光増幅素子内で発生した強度変化させられた波長域の光のうちの第2波長の增幅光が取り出されて第2半導体光増幅素子に入力され、ここにおいてもその第2波長の增幅光の強度変化に応答して強度変化させる周囲波長の光の波長域内の第3波長（第1波長）の第2入力光が入力させられると、その第3波長（第1波長）の出力光が出力される。この出力光は、第2入力光に同期してスイッチングされるとともに、さらに增幅されている。

また、前記目的を達成するための請求項3に対応する第3の光制御装置の要旨とするところは、(a) 第2波長の入力光が入力されることにより該入力光の波長

を含む増幅利得のある波長域内の光を該入力光に応答して強度変化させる光増幅素子と、(b) その光増幅素子の増幅利得のある波長域内である第1波長のレーザ光をその光増幅素子に入力させる光入力素子と、(c) 前記光増幅素子から出力された光のうち前記第1波長の光を選択して該第1波長の出力光を出力させる光フィルタ素子とを、含むことにある。  
5

このようにすれば、入力光の波長を含む増幅利得のある波長域内の光を該入力光に応答して強度変化させる光増幅素子内に、その波長域内の第1波長のレーザ光が入力されると、その波長域内の第1波長が増幅された出力光が得られるので、第1入力光に対して反転した波形の増幅信号が得られる。

10 また、前記目的を達成するための請求項4に対応する第4の光制御装置の要旨とするところは、(a) 第1波長の入力光が入力されることにより該入力光の波長を含む増幅利得のある波長域内の光を該入力光に応答して強度変化させる半導体光増幅素子と、(b) その半導体光増幅素子の増幅利得のある波長域内である第1波長のレーザ光をその光増幅素子に入力させる光入力素子と、(c) その半導体光増幅素子内で発生した光のうち前記第2波長の光を選択して該第2波長の出力光を取り出す光フィルタ素子とを、含むことにある。  
15

このようにすれば、入力光の波長を含む増幅利得のある波長域内の光を該第1入力光に応答して強度変化させる半導体光増幅素子内において、その波長域内の第2波長のレーザ光が選択されると、その波長域内の第2波長が増幅された出力光が得られるので、第1入力光に対して反転した波形の増幅信号が得られる。  
20

ここで、好適には、前記光増幅素子は、希土類元素がドープされたファイバアンプである。このようにすれば、ファイバアンプの一端から重畠した第1波長の光および第2波長の光を容易に入力させることができ、他端から容易に出力光を取り出すことができる。また、好ましくは、前記光増幅素子は、エルビウムが高濃度で添加されたガラスファイバが、そのエネルギー準位における基底吸収可能な波長たとえば $0.98\text{ }\mu\text{m}$ または $1.48\text{ }\mu\text{m}$ の励起光で励起されているものである。このようにすれば、エルビウムの高濃度添加によって自然放出準位の寿命（ライフタイム）が減少し、高速動作が可能となる。

また、好適には、前記半導体光増幅素子は、電流が通過させられると p n 接合部分すなわち活性層（発光層）から光が発生させられる半導体光増幅素子である。このようにすれば、素子の小型化とスイッチング速度の高速化が可能となる。上記半導体光増幅素子は、好適には、両端面が無反射処理された進行波型半導体光増幅素子（S O A）、端面間で光共振器を構成するファブリーペロ型半導体レーザや、分布帰還型半導体レーザ、分布プラグ反射器型半導体レーザ、外部共振型半導体レーザ、面発光型半導体レーザなどのいずれかから構成される。また、それら半導体光増幅素子の p n 接合部分である活性層は、発光効率およびスイッチング速度を高めるために、量子井戸、量子細線、量子箱、歪み超格子から構成される。

また、好適には、前記光フィルタ素子は、ファイバーまたは導波路の一部が長手方向において屈折率が周期的に変化させられたグレーティングフィルタである。このようにすれば、光制御装置が光ファイバまたは光導波路から構成される場合には、光ファイバまたは導波路の一部または全部を上記グレーティングフィルタとすることができるので、光制御装置が一層小型となる。

また、好適には、前記光フィルタ素子は、導波路の表面の長手方向において周期的な凹凸を設けることにより構成された光フィルタ部である。このようにすれば、導波路内において屈折率の周期的变化を設ける必要がないので、モノリシック光 I C として容易に集積できる。

また、好適には、前記光フィルタ素子は、所定波長の光を選択的に透過或いは反射させるために、屈折率が異なる多数組の層が積層されることにより構成されることができる。このような場合には、特に面発光半導体レーザを用いる場合に有効となる。

また、好適には、前記光入力素子は、光カプラ、方向性結合器、または光サーチュレータから構成される。特に、光サーチュレータを用いれば、半導体レーザの出力部から第 1 入力光を入力させることができるので、安価な市販の半導体レーザを用いることができる。

## 図面の簡単な説明

図 1 は本発明の一実施例の光制御装置の構成を説明するブロック図である。

図 2 は図 1 の実施例における光増幅素子のエネルギー準位構造を説明する図である。

5 図 3 は図 1 の実施例における光増幅素子において、入射光に基づいて発生する自然放出光のスペクトルを説明する図である。

図 4 は図 1 の光制御装置において、第 2 波長  $\lambda_2$  の第 2 レーザ光  $L_2$  により光増幅素子内に発生した自然放出光内から光フィルタ素子により選択された波長  $\lambda_1$  の成分を示すスペクトルであって、(a) は上記第 2 レーザ光  $L_2$  に波長  $\lambda_1$  の 10 第 1 レーザ光  $L_1$  が重畠されない場合を示し、(b) は上記第 2 レーザ光  $L_2$  に第 1 レーザ光  $L_1$  が重畠された場合を示している。

図 5 は図 1 の光制御装置において、第 2 波長  $\lambda_2$  の入力光強度  $I_2$  と波長  $\lambda_1$  の出力光強度  $I_{out}$  との信号波形を共通の時間軸上において対比して示す図である。

15 図 6 は図 1 の光制御装置において、第 2 波長  $\lambda_2$  の入力光強度  $I_2$  に重畠される波長  $\lambda_1$  の第 1 レーザ光  $L_1$  に変調を行った場合の、入力光強度  $I_2$  と出力光強度  $I_{out}$  との信号波形を共通の時間軸上において対比して示す図である。

図 7 は本発明の他の実施例における光制御装置の構成を説明する図である。

20 図 8 は図 7 の実施例における入出力波形を共通の時間軸上において対比して示す図である。

図 9 は本発明の他の実施例における光制御装置の構成を説明する図である。

図 10 は図 9 の実施例における入出力波形を共通の時間軸上において対比して示す図である。

25 図 11 は図 9 の実施例における、制御光をパラメータとした入力光強度と出力光強度との関係を示す図である。

図 12 は本発明の他の実施例における光制御装置の構成を説明する図である。

図 13 は本発明の他の実施例における光制御装置の構成を説明する図である。

図 14 は図 13 の実施例の光制御装置を構成する半導体光増幅素子の構成を説

明する斜視図であって、(a) は DFB 半導体レーザ素子を、(b) は DBR 半導体レーザ素子をそれぞれ示している。

図 15 は図 13 の実施例の光制御装置の作動を説明するためにその入力光の波形および出力光の波形をそれぞれ示す図である。

5 図 16 は本発明の他の実施例における光制御装置の構成を説明する図である。

図 17 は図 16 の実施例の光制御装置の作動を説明するためにその入力光の波形、制御光の波形および出力光の波形をそれぞれ示す図である。

図 18 は本発明の他の実施例における光制御装置の構成を説明する図である。

10 図 19 は図 18 の実施例の光制御装置の作動を説明するためにその入力光の波形、制御光の波形および出力光の波形をそれぞれ示す図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施例の光制御装置 10 を図面に基づいて詳細に説明する。

図 1において、第 1 レーザ光源 12 は、たとえば 1534 nm の第 1 波長  $\lambda_1$  の第 1 レーザ光  $L_1$  を出力し、第 1 光変調器 14 が設けられた第 1 光ファイバ  $F_1$  を介して伝播させる。第 2 レーザ光源 16 は、たとえば 1555 nm の第 2 波長  $\lambda_2$  の第 2 レーザ光  $L_2$  を出し、第 2 光変調器 18 が設けられた第 2 光ファイバ  $F_2$  を介して伝播させる。上記第 1 レーザ光源 12 および第 2 レーザ光源 16 はたとえば可変波長半導体レーザが用いられる。上記第 1 光変調器 14 および第 2 光変調器 18 は、信号発生器 20 および 22 からの電気信号に従って、その信号の周波数のパルス信号となるように通過光をパルス変調する。光カプラ 24 は、上記第 1 光ファイバ  $F_1$  および第 2 光ファイバ  $F_2$  を第 3 光ファイバ  $F_3$  へ接続し、それら第 1 光ファイバ  $F_1$  および第 2 光ファイバ  $F_2$  を伝播してきた第 1 レーザ光  $L_1$  および第 2 レーザ光  $L_2$  を重畠し、第 3 光ファイバ  $F_3$  を介して光増幅素子 26 へ入力する。光フィルタ素子 28 は、光増幅素子 26 に接続され、その光増幅素子 26 から出力された光のうちから第 1 波長  $\lambda_1$  の光を選択し、出力光として出力する。それら光増幅素子 26 および光フィルタ素子 28 が、第 2 レーザ光  $L_2$  の信号を波長  $\lambda_1$  の信号に変換しその信号を直接的に增幅して出力す

る光制御装置 10 に対応している。図 1 には、上記重畠した第 1 レーザ光  $L_1$  および第 2 レーザ光  $L_2$  と光フィルタ素子 28 を透過した出力光とをそれぞれモニタするための一対の光検出器 30、32 と、その光検出器 30 および 32 により検出された光信号を観測するオシロスコープ 34 とが設けられている。

5 上記光増幅素子 26 は、たとえば石英系或いは弗化物系ガラスなどの光透過媒体であり、たとえばエルビウム元素などの希土類元素がドープされることにより、たとえば図 2 に示すように、3 準位系または 4 準位系のエネルギー準位がその光透過媒体内に構成されて、所謂レーザシステムが形成されている。本実施例の光増幅素子 26 は、エルビウム元素およびアルミニウムがドープされることにより 1  
10 700 ppm 程度の比較的高濃度のエルビウムイオン  $Er^{3+}$  および 10000 ppm 程度のアルミニウムイオン  $Al^{3+}$  を含む 20m 程度の長さのガラス製光ファイバーから構成されているので、エルビウムドープファイバアンプ (EDFA) とも称される。この光増幅素子 26 は、励起状態において前記第 1 波長  $\lambda_1$  或いは第 2 波長  $\lambda_2$  の光が光増幅可能とされるものであり、たとえば 1.48 μ  
15 m の波長のレーザ光がその長手方向に伝播させられることによりエルビウムが励起状態に維持されていて、それらのうちのいずれかの波長の光、たとえば第 2 波長  $\lambda_2$  の光が入射されると、たとえば図 3 の (a) に示すように、その第 2 波長  $\lambda_2$  を中心としたブロード (広帯域) な自然放出光 (ASE) が発生させられるとともに、その第 2 波長  $\lambda_2$  のレーザ光の強度を高めると、図 3 の (b) に示すように、中心波長の強度は高くなるがその周囲波長域の光の強度は逆に低くなる現象が発生する。上記自然放出光すなわち周囲光は、光増幅素子 26 の增幅効率のある波長域である。

また、上記光フィルタ素子 28 は、たとえば紫外線が局部的に照射されることにより、ガラスファイバーの一部が長手方向において屈折率が周期的に変化させられたファイバーグレーティングフィルタであって、第 1 波長  $\lambda_1$  を中心波長とし且つ半値幅が 1 nm の光を選択して透過させるものであり、たとえば上記光増幅素子 26 を構成するガラス製光ファイバーの終端部に設けられる。

以上のように構成された図 1 の光制御装置 10 において、変調された第 2 レー

ザ光 $L_2$ だけが光増幅素子26に入力されると、光フィルタ素子28により選択された出力光のスペクトルは、図4の(a)に示すものとなり、変調されない第1レーザ光 $L_1$ を第2レーザ光 $L_2$ に重畠した光が光増幅素子26に入力されると、光フィルタ素子28により選択された出力光のスペクトルは、図4の(b)に示すものとなる。図4の(a)および(b)における出力光は、第2波長 $\lambda_2$ の第2レーザ光 $L_2$ により光増幅素子26内に発生した自然放出光内から光フィルタ素子28により選択された波長 $\lambda_1$ の成分であり、変調されない第1レーザ光 $L_1$ が第2レーザ光 $L_2$ に重畠された図4(b)では、前記レーザ誘導光信号増強効果により、出力光強度のピーク値が大幅高くされている。上記変調されない光とは、一定強度の連続光(Continuous Wave)であることを意味している。

したがって、図1の光制御装置10において、第2レーザ光 $L_2$ に対して第2変調器18を用いて1kHzの変調を行うとともに、その変調された第2レーザ光 $L_2$ ( $I_2$ )に変調されていない第1レーザ光 $L_1$ ( $I_1$ )を重畠させた光が光増幅素子26に入力されると、図5の(c)に示す1kHzの入力信号(第2レーザ光 $L_2$ )から図5の(a)の出力光( $I_{out}$ )に示すように増幅される。図5の(b)は、光増幅素子26に入力させられる変調された第2レーザ光 $L_2$ に対して変調されない第1レーザ光 $L_1$ を重畠させない場合の出力光を示している。上記において、光パワーメータを用いて光強度を測定したところ、 $I_{out} = 273 \mu W$ ( $I_1 = 0 \mu W$ )、 $I_{out} = 1350 \mu W$ ( $I_1 = 5 \mu W$ のとき)であった。このことから、第1レーザ光 $L_1$ を重畠することによって、出力光強度 $I_{out}$ が大幅に増幅されていることが明らかである。一方出力光波形は入力光波形に対して逆転しており、入力光の変調度(%) [ $= 100 \times (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$ ]、但し、 $I_{max}$ は光信号の最大値、 $I_{min}$ は光信号の最小値]は維持されて出力されている。

上記光増幅素子26および光フィルタ素子28を含む本実施例の光制御装置10によれば、第2波長 $\lambda_2$ の第2入力光である第2レーザ光 $L_2$ が光増幅素子26に入力され、その第2波長 $\lambda_2$ の周囲光(自然放出光)の波長帯域(周囲波長域)内においてその第2波長 $\lambda_2$ とは異なる第1波長 $\lambda_1$ の第1入力光である第

1 レーザ光  $L_1$  が光入力装置或いは光入力素子として機能する光カプラ 2 4 により光増幅素子 2 6 に入力され、それら第 2 レーザ光  $L_2$  および第 1 レーザ光  $L_1$  が相互に重畠させられ、その光増幅素子 2 6 からの光が光フィルタ素子 2 8 により第 1 波長  $\lambda_1$  の光に選択されて出力光とされると、その出力光は、第 2 波長  $\lambda_2$  の第 2 レーザ光  $L_2$  の信号変化に応答して、その第 2 レーザ光  $L_2$  の信号変化を増幅したものとなる。すなわち、入力信号である変調された第 2 レーザ光  $L_2$  に対して位相は反転するものの、その第 2 レーザ光  $L_2$  の信号強度  $I_2$  を大きく増幅した信号強度  $I_{out}$  を有する出力光が得られる。

また、本実施例の光増幅素子 2 6 は、たとえばエルビウム元素がドープされたガラスファイバーから構成されるので、そのガラスファイバーの一端に重畠した第 1 レーザ光  $L_1$  および第 2 レーザ光  $L_2$  を入射させ、他端から出た光を光フィルタ素子 2 8 を通して容易に取り出すことができる。また、上記光増幅素子 2 6 は、エルビウムが高濃度で添加されたガラスファイバが、そのエネルギー準位における基底吸収可能な波長たとえば  $0.98 \mu m$  または  $1.48 \mu m$  の励起光が入射されてそれにより射されて励起されているものである。このようにすれば、エルビウムの高濃度添加によって自然放出準位の寿命（ライフタイム）が減少し、高速動作が可能となる。

また、本実施例の光フィルタ素子 2 8 は、光出力素子或いは光出力装置としても機能するものであり、ガラスファイバーの一部が長手方向において屈折率が周期的に変化させられたグレーティングフィルタであることから、光増幅素子 2 6 がガラスファイバーであると、そのガラスファイバーの一部或いはそれに接続されたガラスファイバーを上記グレーティングフィルタとすることができるので、光機能素子として機能する光増幅装置 1 0 が一層小型となる。

次に、本発明の他の実施例を説明する。なお、以下の説明において前述の実施例と共に通する部分には同一の符号を付して説明を省略する。

図 6 は、図 1 の装置において、第 1 変調器 1 4 を用いて  $20 \text{ kHz}$  の変調をさらに行った場合の波形を示している。図 6 の(a) は  $1 \text{ kHz}$  の変調を受けた入力信号（第 2 レーザ光  $L_2$ ）であり、図 6 の(b) はその第 2 レーザ光  $L_2$  の入力信

号と 20 kHz の変調を受けた入力信号（第 1 レーザ光  $L_1$ ）とが重畠された光出力 ( $I_{out}$ ) を示している。これは、信号周波数が低い場合を確認したものであり、 $L_1$  の変調周波数は G (ギガ) Hz オーダでも十分に増幅できる。また、図 6 の T に示すレベルの閾値を設定し、上記光出力をその閾値 T を境にしてスイッチングが行われるようにすることが可能である。

図 7 は、図 1 の実施例で用いられた光制御装置 10 を 2 つ用いて 1 対 2 の光スイッチを構成した光制御装置 38 を示している。図 7において、1 対の光増幅素子 26、26' には、図 8 の(1) に示すレーザ光源 12 からの波長  $\lambda_1$  の変調信号が入力されるとともに、図 8 の(2)、(4) に示す 1 対のレーザ光源 16、16' からの互いに反転した位相の波長  $\lambda_2$  の変調信号が、光カプラ 24、24' により上記波長  $\lambda_1$  の変調信号に重畠されてから入力されると、上記 1 対の光増幅素子 26、26' からの光を波長  $\lambda_1$  について選択する 1 対の光フィルタ素子 28、28' をそれぞれ透過して出力された 1 対の光出力は、図 8 の(3)、(5) に示すように、上記変調された波長  $\lambda_1$  のレーザ光が上記波長  $\lambda_2$  のレーザ光によりスイッチングされた信号となる。

図 9 の光制御装置 40においては、波長  $\lambda_1$  の第 1 レーザ光  $L_1$  (第 1 入力光:  $I_{in}$ ) および波長  $\lambda_2$  の第 2 レーザ光  $L_2$  (第 2 入力光: バイアス光  $I_{bias}$ ) が第 1 の光カプラ 24 により重畠されて光増幅素子 26 に入力されるとともに、その光増幅素子 26 からの光のうちの第 1 の光フィルタ素子 29 によって波長  $\lambda_2$  について選択された光と変調されない連続光である波長  $\lambda_1$  の第 3 レーザ光  $L_3$  (第 3 入力光: 制御光  $I_c$ ) とが第 2 の光カプラ 24' により重畠されて第 2 の光増幅素子 26' に入力される。そして、その第 2 の光増幅素子 26' からの光のうちの波長  $\lambda_1$  について第 2 の光フィルタ素子 28 により選択された光が図 10 の(a) に示す出力信号  $I_{out}$  に示すように増幅されて出力される。図 10において、(b) は上記第 2 の光増幅素子 26' に入力されるとき、光フィルタ素子 29 によって波長  $\lambda_2$  について選択された光に対して第 3 レーザ光  $L_3$  を重畠しない場合の光出力信号を示し、(c) は上記第 1 レーザ光  $L_1$  の信号波形を示している。

図11は、上記図9の光制御装置40において、第3レーザ光L<sub>3</sub>（第3入力光：制御光I<sub>c</sub>）をパラメータとする入出力特性すなわち第1レーザ光L<sub>1</sub>（第1入力光：I<sub>in</sub>）の入力信号強度と出力光（I<sub>out</sub>）の入力信号強度と関係を示している。この図11から明らかなように、制御光I<sub>c</sub>の信号強度が零である場合にはほとんど出力光強度が得られないが、制御光I<sub>c</sub>を注入することによって急激に出力光強度が増加させられる。すなわち、第1波長λ<sub>1</sub>の第1レーザ光L<sub>1</sub>の信号を增幅して第1波長λ<sub>1</sub>の出力光として出力したり、第1波長λ<sub>1</sub>の第1レーザ光L<sub>1</sub>を第1波長λ<sub>1</sub>の第3入力光を用いてスイッチングするなどの制御をして第1波長λ<sub>1</sub>の出力光として出力したりすることが可能となり、3端子のトランジスタと同様に、第1波長λ<sub>1</sub>の制御光I<sub>c</sub>によって出力光強度が制御される。

本実施例によれば、上記出力信号光I<sub>out</sub>は、第1レーザ光L<sub>1</sub>（第1入力光：I<sub>in</sub>）の第1波長λ<sub>1</sub>と同じ波長が得られると同時に、その第1波長λ<sub>1</sub>の第1入力光の信号変化と同位相且つそれを增幅した信号となるので、多段に連結される光回路において、出入力光が同一波長となるので有利となる。

なお、前記図1の光増幅素子26は、エルビウム元素を含むガラス製光ファイバーであったが、プラセオジムが添加（ドープ）された光ファイバーであってもよい。この場合においては、波長λ<sub>1</sub>が1322nmの第1レーザ光と、波長λ<sub>2</sub>が1330nmの第2レーザ光とが好適に用いられる。また、その光増幅素子26として、後述のようなたとえばInGaAsP/InP半導体光増幅素子などが用いられてもよい。この場合には、波長λ<sub>1</sub>が1550nmの第1レーザ光と、波長λ<sub>2</sub>が1530nmの第2レーザ光とが好適に用いられるとともに、光制御装置の小型化とスイッチング速度の高速化が可能となる。

図12は、素子の両端面の反射率をたとえば0.1乃至1%以下に低く抑制した進行波型の半導体光増幅素子（SOA：semiconductor optical amplifier）を用いて、たとえば図9に示す光制御装置50内の光増幅素子26および26'を構成することができる。この場合には、各半導体光増幅素子26および26'に対して250mAの注入電流を与えると、約20dB程度のゲインが得られた。

この場合、第3入力光として $\lambda_1$ 以外の波長 $\lambda_3$ を用い、光フィルタ部28を入<sub>3</sub>に設定することにより、信号のスイッチングや増幅の他に、 $\lambda_3$ の波長を取り出す波長変換素子としても利用できる。上記光増幅素子26を構成する進行波型の半導体光増幅素子では、光増幅素子26の活性層を構成する物質のバンドギャップで決まる増幅ゲインのある（增幅利得が1以上の）周囲波長域内であるレーザ光である第1波長（ $\lambda_1$ ）の入力光 $I_{in}$ とバイアス光すなわち波長（ $\lambda_2$ ）の入力光 $I_{bias}$ とが重畠して入力されると、第1波長（ $\lambda_1$ ）の入力光 $I_{in}$ の入力波形に対して反転した波長 $\lambda_2$ の出力光がフィルタ部29を通して出力され、光増幅素子26'では、同様にその光増幅素子26'の周囲波長域内のその波長入<sub>2</sub>の光増幅素子26からの出力光と波長 $\lambda_3$ の第3入力光とが入力されると、その出力光に反転し且つ強度が高められた波長 $\lambda_3$ の出力光 $I_{out}$ が出力され、図10に示すものと同様の入出力関係が得られる。

図13は、半導体光増幅部46と光フィルタ部48とを備えた光制御装置50を示している。この光制御装置50は、たとえばファブリーペロ型半導体レーザ、外部共振型半導体レーザ、面発光型半導体レーザ、単一縦モード発振型半導体光増幅素子などから構成される。この半導体光増幅素子46は、電流注入により励起された活性（発光）層からレーザ光（ $I_{out}$ ）が出力されるが、出力光の一部が帰還される機能を備えたものであり、好適には、外部共振器型半導体レーザ素子や、たとえば図14(a)に示す分布帰還型（DFB；distributed feedback）半導体レーザ素子、図14(b)に示す分布プラグ反射器型（DBR；distributed Bragg reflector）半導体レーザ素子などの帰還型半導体光増幅素子から好適に構成される。上記分布帰還型（DFB）半導体レーザ素子或いは分布プラグ反射器型（DBR）半導体レーザ素子は、導波路となる活性層とそれに隣接する層との接合界面すなわち導波路の表面にたとえばレーザ干渉露光法によって周期的な微細な凹凸を設けるとその周期的な凹凸が回折格子或いはプラグ反射器として機能して反射する現象があるので、その回折格子或いはプラグ反射器の反射に由来する発振波長選択機能が利用される。すなわち、活性層での発振（増幅）は上記回折格子或いはプラグ反射器の最大反射率となる波長入すなわ

ち凹凸周期 $\Lambda$ 値で決まる波長 $\lambda_1 (= 2 \pi n \Lambda / 1)$ 、但し $n$ はモード屈折率、1は回折次数)で单一縦モードにより行われるので、その発振波長 $\lambda_1$ のレーザ光が outputされる。したがって、上記分布帰還型(DFB)半導体レーザ素子或いは分布プラグ反射器型(DBR)半導体レーザ素子などの半導体光增幅素子では、活性層を構成する物質で定まる增幅利得のある(増幅ゲインが1より大)波長域の光が発生させられてその波長域内で増幅されるが、その增幅利得のある波長域内において、上記周期的な微細な凹凸で定まる单一の発振波長 $\lambda_1$ で発振させられる。このように、導波路との境界面において微細な凹凸が形成された活性層は、前記半導体光增幅部46および光フィルタ部48として機能している。これら分布帰還型(DBF)半導体レーザ素子或いは分布プラグ反射器型(DBR)半導体レーザ素子は、端面に反射鏡を設けなくてよいので、モノリシック集積化に適している。

以上のように構成された図13の光制御装置(DBF半導体レーザ素子或いはDBR半導体レーザ素子)50において、たとえば波長 $\lambda_1$ が1550 nmであるレーザ光源12からの第1レーザ光 $I_{11}$ が変調器14にて変調されて入力されると、この変調された第1レーザ光 $I_{11}$ は半導体光增幅部50内において周囲波長域内の光に対して変調すなわち入力光の強度変化に反転する強度変化を与える。この現象は、クロスゲイン変調(XGM)と称される。光制御装置50を構成する上記半導体レーザ増幅器では、凹凸周期 $\Lambda$ 値で決まる波長で单一縦モードで発振が行われるので、上記入力光 $I_{11}$ の波長 $\lambda_1 (= 1550 nm)$ の周囲波長であって上記凹凸周期 $\Lambda$ 値で決まる波長 $\lambda_2$ (たとえば1540 nm)の第2波長 $\lambda_2$ の出力光 $I_{22}$ が出力される。この周囲波長とは、活性層を構成する物質のエネルギー準位で決まるものであって、上記半導体レーザ増幅器において增幅利得のある(増幅ゲインが1より大である)波長帯域を示している。上記入力光 $I_{11}$ の波長 $\lambda_1$ や出力光 $I_{22}$ の波長 $\lambda_2$ も、上記半導体(DBF)レーザ素子の増幅ゲインのある帯域内で任意に選択設定されたものが用いられ得る。

因みに、図15は、光制御装置50を構成する半導体レーザ増幅器として、InGaAsPの多重量子井戸構造を備えた活性層のDFBレーザ素子が30 mA

の注入電流で駆動されている場合において、 $1 \text{ MHz}$  で変調された波長  $\lambda_1$  の入力光  $I_{in}$  の波形と、波長  $\lambda_2$  の出力光  $I_{out}$  の波形とを示している。入力光  $I_{in}$  は 100 % 近くの変調度であるのに対し、出力光  $I_{out}$  でも 100 % 近くの変調度が得られている。一般に、端面反射率をたとえば 0.1 乃至 1 % 以下に低く設定した進行波型半導体光増幅素子では、クロスゲイン変調による出力光の変調度は小さいことが確認されているのに対し、本実施例では十分に大きな出力光  $I_{out}$  の変調度が得られている。それ故、上記光制御装置 50 を構成する DFB レーザ素子は、出力光の波長を入力光  $I_{in}$  の周囲波長内の第 2 波長  $\lambda_2$  に選択する光フィルタ機能と、共振器としてとして光を帰還させることにより出力光の変調度を大きくする光増幅器機能とを備えていると言える。

また、図 1、図 9 の実施例では、入力光として 2 つの波長のレーザ（一方はバイアス光）を用いていたが、本実施例の光制御装置 50 を構成する DFB 半導体レーザ素子では、半導体光増幅部 46 内において発生する光を出力光（バイアス光） $I_{out}$  とするため、入力光  $I_{in}$  は 1 つでよく、外部からのバイアス光は不要となる利点がある。

また、上記 DFB 半導体レーザ素子の出力側から入力光  $I_{in}$  を光サーチュレータを用いて入射させ、その光サーチュレータを介して出力光  $I_{out}$  を取り出すことができる。これにより、光学的には光出力部を備えているだけの通常の市販の半導体レーザ素子を、上記光制御装置 50 として用いることが可能となる。

また、上記光制御装置 50 を構成する DFB 半導体レーザ素子或いは DBR 半導体レーザ素子などにおいて、1 重或いは多重の量子井戸だけでなく、量子細線、量子箱（量子ドット）を有する活性層が備えられていてもよい。また、それら DFB 半導体レーザ素子或いは DBR 半導体レーザ素子などは、偏波依存性のない出力光を得るために、格子定数差で歪みを設けた歪み超格子を備えたものであってもよい。

図 16 は、本発明の他の実施例である、DFB 半導体レーザ素子から成る第 1 半導体増幅素子 62 と DBR 半導体レーザ素子から成る第 2 半導体増幅素子 64 とから構成される 3 端子の光制御装置 60 を示している。この 3 端子の光制御装

置 6 0 は、好適には、多數の光制御素子或いは光制御装置が集積されるモノリシック構造の光 I C 内の一部に設けられ得るものである。この光制御装置 6 0 は、たとえば強度変調された波長  $\lambda_1$  の入力光  $I_{in}$  が波長  $\lambda_2$  で発振するように設定された第 1 半導体増幅素子 6 2 に入力され、その第 1 半導体増幅素子 6 2 からの波長  $\lambda_2$  のレーザ光と強度変調された波長  $\lambda_1$  の制御光  $I_c$  とが方向性結合導波路 6 6 により重畠されて第 2 半導体素子 6 4 へ入力される。この第 2 半導体素子 6 4 は波長  $\lambda_1$  で発振するように設定されているので、波長  $\lambda_1$  の出力光  $I_{out}$  が得られる。上記波長  $\lambda_1$  および  $\lambda_2$  は第 1 半導体増幅素子 6 2 および第 2 半導体増幅素子 6 4 の周囲波長内に属している。本実施例では、DFB 半導体レーザ素子から成る第 1 半導体増幅素子 6 2 においてスイッチングが好適に行われ、DBR 半導体レーザ素子から成る第 2 半導体増幅素子 6 4 において信号増幅が好適に行われる。図 17 は、この 3 端子の光制御装置 6 0 における入力光  $I_{in}$ 、制御光  $I_c$ 、出力光  $I_{out}$  の波形を示している。図 17 において、出力光  $I_{out}$  の波形は、入力光  $I_{in}$  に対して大幅に増幅されており、しかも強度変調された波長  $\lambda_1$  の制御光  $I_c$  により制御されている。

図 18 に示す 3 端子の光制御装置 6 6 は、DFB 半導体レーザ素子或いは DBR 半導体レーザ素子などのたとえば波長  $\lambda_2$  における单一波長発振モードによる光選択機能を有する第 1 半導体光増幅素子 6 8 と、第 1 半導体光増幅素子 6 8 にその光出力部から変調をかけるための入力光  $I_{in}$  を入力させるための光サーキュレータ 7 0 と、両端面の反射率をたとえば 0.1 乃至 1 % 以下に低く抑えた進行波型半導体光増幅素子 (SOA) から構成されることにより複数波長で増幅可能な第 2 半導体光増幅素子 7 4 と、その第 2 半導体増幅素子 7 4 に上記入力光  $I_{in}$  と制御光  $I_c$  とを重畠して入力させるための方向性光結合器 7 2 と、その出力波長から 1 波長たとえば  $\lambda_3$  を選択する光フィルタ 7 6 とを備えている。本実施例では、たとえば強度変調された波長  $\lambda_1$  の入力光  $I_{in}$  が波長  $\lambda_2$  で発振するように設定された第 1 半導体増幅素子 6 8 に入力され、その第 1 半導体増幅素子 6 8 からの波長  $\lambda_2$  のレーザ光と強度変調された波長  $\lambda_3$  の制御光  $I_c$  とが方向性結合器 7 2 により重畠されて第 2 半導体素子 7 4 へ入力される。この第 2 半導体素

子 7 4 における出力波長から上記光フィルタ 7 6 により選択された第 3 波長入<sub>3</sub> の出力光 I<sub>out</sub> が得られる。本実施例によれば、変調をかけるための入力光 I<sub>in</sub> が光サーチュレータ 7 0 により第 1 半導体増幅素子 6 8 の光出力部からを入力されるので、市販の半導体レーザ素子がそのまま第 1 半導体増幅素子 6 8 として用 5 いられる。また、上記制御光 I<sub>c</sub> として第 3 波長入<sub>3</sub> を用い、光フィルタ 7 6 を第 3 波長入<sub>3</sub> を選択するものとすることにより、出力光 I<sub>out</sub> の波長を入<sub>3</sub> とする波長変換素子として利用することができる。本実施例では、第 2 半導体増幅素 10 子 7 4 が周囲光の波長帯内において信号増幅する進行波型半導体光増幅素子（S OA）から構成されるので、制御光 I<sub>c</sub> の波長入<sub>3</sub> と光フィルタ 7 6 の選択波長とを設定することにより出力光 I<sub>out</sub> の波長を周囲光の波長帯内に任意に設定できる利点がある。したがって、制御光 I<sub>c</sub> の波長入<sub>3</sub> と光フィルタ 7 6 の選択波長を入<sub>1</sub> に設定することもできる。

図 19 は、上記 3 端子の光制御装置 6 6 における入力光 I<sub>in</sub>、制御光 I<sub>c</sub>、出 15 力光 I<sub>out</sub> の波形を示している。入力光 I<sub>in</sub> として歪んだ波形が用いられており、その歪んだ波形の入力光 I<sub>in</sub> が制御光 I<sub>c</sub> によって変調されると同時に、きれいな矩形波に成形されるとともに振幅増幅されて出力光 I<sub>out</sub> が得られている。すなわち、光制御装置としての重要な機能である以下に説明する 3 R 機能すなわち波形成形機能、正確な信号タイミング決定機能、強い光（増幅）の光再送機能が得られる。

因みに、従来の光通信分野における光信号の再生中継では、一般に、光信号を 20 検波して電気信号に変換し、電気領域で波形成形（Reshaping）が行われ、波形成形された信号からクロックを抽出し、そのクロックに従ってオンオフの判定を行うタイミングが決定（Retiming）され、次いで、オンオフを識別して、その識別信号により再度光源を変調して強い光が送出（Regeneration）される。この 3 つの機能が 3 R 機能と称される。しかし、このような従来の電気による光信号の中継は、速度の面で限界があった。電気による光信号処理の速度限界は 10 乃至 25 40 GHz であるため、時間多重可されたこのビットレート以上の高速通信を扱うことができないのである。また、光信号から電気信号への変換、電気信号から

光信号への再生を行うために部品が多くなって高価となっていた。これに対して、エルビウムドープ光ファイバから成る光増幅素子を用いることにより光信号をそのまままで増幅して伝送中の減衰による損失は補償され得るけれども、上記クロックに従ってオンオフの判定を行うタイミング決定 (Retiming) や、波形成形 (Reshaping) が得られないので、アナログ的に波形歪みやパルスのジッタが蓄積するという問題が残されたいたのである。

以上、本発明の一実施例を図面に基づいて説明したが、本発明はその他の態様においても適用される。

たとえば、前述の実施例において、光増幅素子 26 および光フィルタ素子 28 が 1 組で 1 つの光機能素子とすると、図 1 および図 13 の実施例では 1 つの光機能素子が用いられ、図 9、図 16、図 18 の実施例では 2 つの光機能素子が直列に用いられていることになるが、3 以上の光機能素子が直列に或いは並列に用いられても差し支えない。

また、前述の実施例における他の光増幅素子 26、26'、46、62、64、68、74 においても、発振波長（増幅波長）が 1500 nm 帯の場合には、InGaAsP/InP 半導体光増幅素子が好適に用いられるが、たとえば InGaP、InGaAs、AlGaAs、InGaAIN、InGaNAs、InAsP、AlGaNAs、InGaN、InGaAsSb、InAsPSb、AlGaAsSb、PbSnTe、PbTeS、PbTeSe、PbSSe、ZnO などの III-V 族混晶半導体をはじめとする多元混晶半導体などが活性層の材料として用いられ得るとともに、それらの組成比（混晶比）を変化させることにより光増幅する波長が任意に設定される。

なお、上述したのはあくまでも本発明の一実施例であり、本発明はその主旨を逸脱しない範囲において種々変更が加えられ得るものである。

## 請求の範囲

1. 第1波長の第1入力光を第1光增幅素子に入力することにより該第1入力光の波長を含む増幅利得のある波長域内の光を第1入力光の強度変化に応答して強度変化させる工程と、

前記第1光增幅素子の増幅利得のある波長域内にある第2波長のレーザ光を前記第1光增幅素子に入力させる工程と、

前記第1光增幅素子から放出された光のうち第2波長の光を選択して第2光增幅素子に入力させる工程と、

10 前記第1波長のレーザ光またはその第1波長を含む前記第2光增幅素子の増幅利得のある波長域内にある第3波長のレーザ光をその第2光增幅素子に入力させる工程と、

前記第2光增幅素子から出力された光のうち前記第1波長または第3波長の光を選択して第1波長または該第3波長の光を出力する工程と

15 を、含むことを特徴とする光制御方法。

2. 第1波長の第1入力光を第1半導体光增幅素子に入力することにより該第1半導体光增幅素子内で発生する光を該第1入力光の強度変化に応答して強度変化させる工程と、

前記第1半導体光增幅素子内で発生する増幅利得のある波長域内の光のうち第2波長の光を選択して第2半導体光增幅素子に入力させる工程と、

前記第1波長のレーザ光またはその第1波長を含む前記第2半導体光增幅素子の増幅利得のある波長域内にある第3波長のレーザ光を前記第2半導体光增幅素子に入力させる工程と、

前記第2半導体光增幅素子から出力された光のうち前記第1波長または第3波長の光を選択して第1波長または該第3波長の光を出力する工程と  
25 を、含むことを特徴とする光制御方法。

3. 第2波長の入力光が入力されることにより該入力光の波長を含む増幅利得のある波長域内の光を該入力光に応答して強度変化させる光增幅素子と、

該光増幅素子の增幅利得のある波長域内である第1波長のレーザ光を該光増幅素子に入力させる光入力素子と、

前記光増幅素子から出力された光のうち前記第1波長の光を選択して該第1波長の出力光を出力させる光フィルタ素子と

5 を、含むことを特徴とする光制御装置。

4. 第1波長の入力光が入力されることにより該入力光の波長を含む増幅利得のある波長域内の光を該入力光に応答して強度変化させる半導体光増幅素子と、

該半導体光増幅素子の増幅利得のある波長域内である第1波長のレーザ光を該光増幅素子に入力させる光入力素子と、

10 該光増幅素子内で発生した光のうち前記第2波長の光を選択して該第2波長の出力光を取り出す光フィルタ素子と

を、含むことを特徴とする光制御装置。

5. 第1波長の第1入力光が入力されることにより、該第1入力光の波長を含む増幅利得のある波長域内の光を該第1入力光の強度変化に応答して強度変化させ  
15 る第1光増幅素子と、

前記周囲波長域内にある第2波長のレーザ光を前記第1光増幅素子に入力させる第1光入力素子と、

前記第1光増幅素子から放出される光のうち第2波長の光を選択する第1光フィルタ素子と、

20 該第1光フィルタ素子により選択された第2波長の光が入力させられることにより、該第2波長を含む増幅利得のある波長域内の光を該第2入力光の強度変化に応答して強度変化させる第2光増幅素子と、

前記第1波長のレーザ光またはその第1波長を含む前記第2光増幅素子の増幅利得のある波長域内の第3波長のレーザ光をその第2光増幅素子に入力する第2光入力素子と、

前記第2光増幅素子から出力された光のうちから第1波長または第3波長に光を選択して該第1波長または第3波長の出力光を出力する第2光フィルタ素子と  
25 を、含むことを特徴とする光制御装置。

6. 第1波長の第1入力光が入力されることにより、第1入力光の波長を含む増幅利得のある波長域内の光を第1入力光の強度変化に応答して強度変化させる第1半導体光增幅素子と、

前記第1波長の光を前記第1半導体光增幅素子に入力する第1光入力素子と、

5 該第1半導体光增幅素子内で発生する増幅利得のある波長域の光のうち第2波長の光を選択して出力光を取り出す第1光フィルタ素子と、

該第1光フィルタ素子から第2波長の光が入力させられることにより、該第2波長を含む増幅利得のある波長域内の光を該第2入力光の強度変化に応答して強度変化させる第2半導体光增幅素子と、

10 前記第1波長のレーザ光またはその第1波長を含む前記第2半導体光增幅素子の増幅利得のある波長域内の第3波長のレーザ光を前記第2半導体光增幅素子に入力する第2光入力素子と、

前記第2半導体光增幅素子から出力された光のうちから第1波長または第3波長の光を選択して該第1波長または第3波長の出力光を出力させる第2光フィルタ素子と、

15 を、含むことを特徴とする光制御装置。

7. 前記光增幅素子は、希土類元素がドープされた光ファイバーである請求項3または5のいずれかの光制御装置。

8. 前記希土類元素がドープされた光ファイバーは、エルビウム元素がドープされた光ファイバである請求項7の光制御装置。

9. 前記半導体光增幅素子は、電流が通過させられるとpn接合部分から光が発生させられる半導体光增幅素子である請求項4乃至6のいずれかの光制御装置。

10. 前記半導体光增幅素子は、進行波型半導体光增幅素子、ファブリーペロ型半導体レーザ、分布帰還型半導体レーザ、分布プラグ反射器型半導体レーザ、

25 外部共振型半導体レーザ、面発光型半導体レーザのいずれかから構成されるものである請求項9の光制御装置。

11. 前記半導体光增幅素子のpn接合部分である活性層は、量子井戸、量子細線、量子箱、歪み超格子から構成されるものである請求項9または10の光制御

装置。

1 2. 前記光フィルタ素子は、光ファイバまたは導波路の一部が長手方向において周期的に屈折率を変化させることにより構成されたものである請求項 3 乃至 6 のいずれかの光制御装置。

5 1 3. 前記光フィルタ素子は、導波路の表面の長手方向において周期的な凹凸を設けることにより構成されたものである請求項 3 乃至 6 のいずれかの光制御装置。

1 4. 前記光フィルタ素子は、屈折率が異なる多数組の層が積層されることにより構成されたものである請求項 3 乃至 6 のいずれかの光制御装置。

1 5. 前記光入力素子は、光カプラ、方向性結合器、または光サーチュレータから構成されるものである請求項 3 乃至 6 のいずれかの光制御装置。

図 1

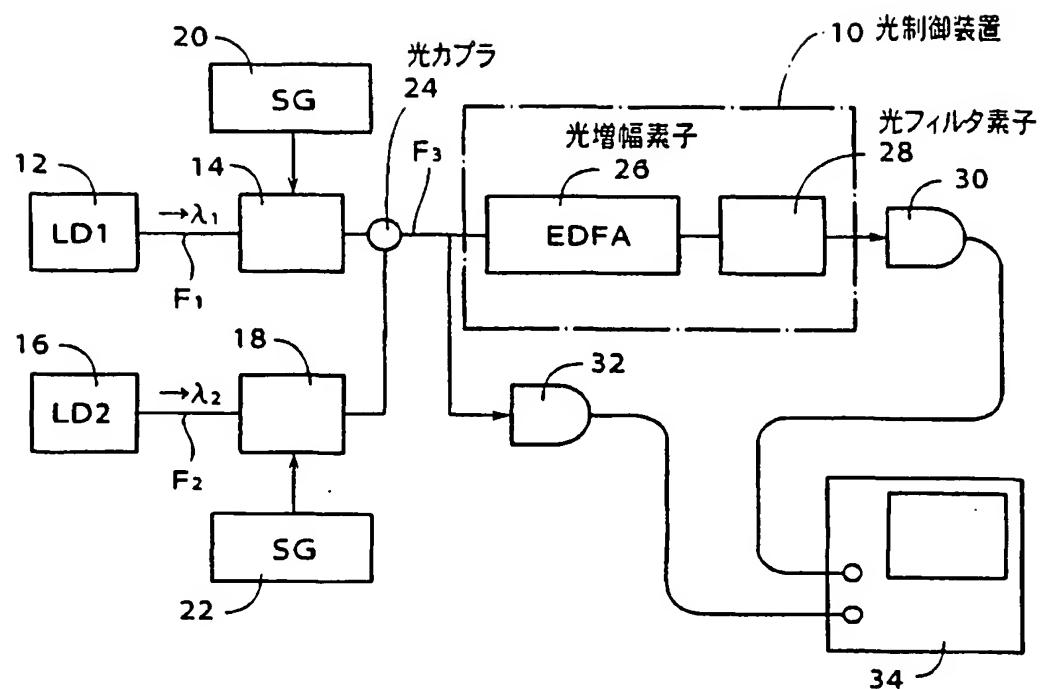


図 2

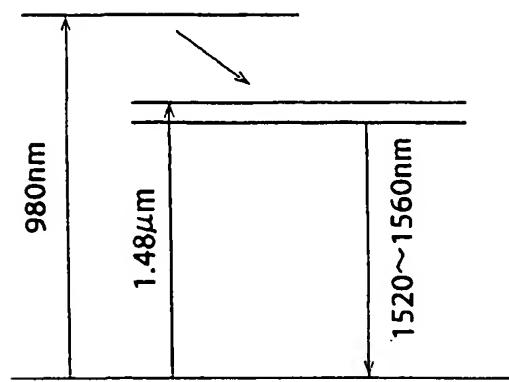
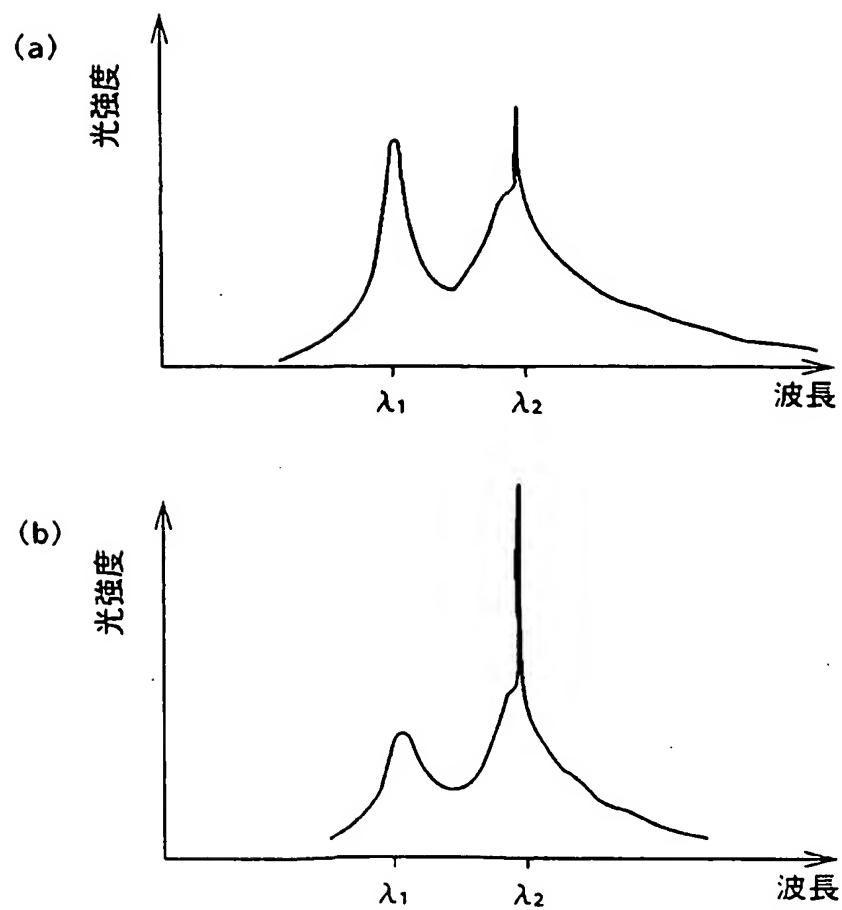


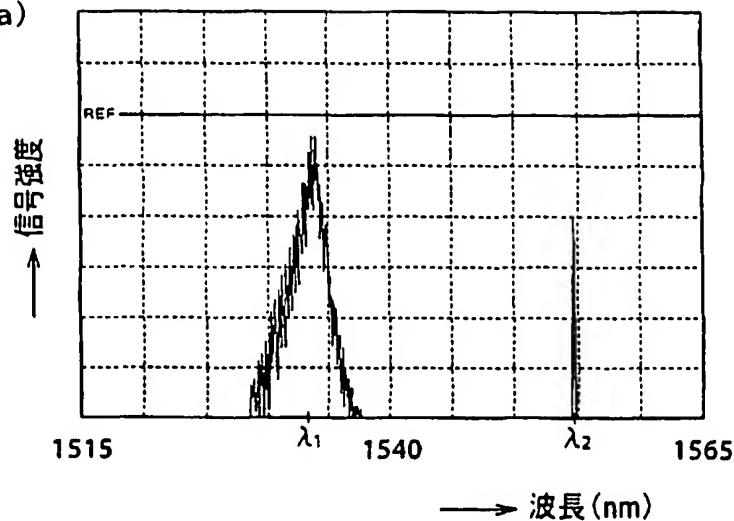
図 3



図

4

(a)



(b)

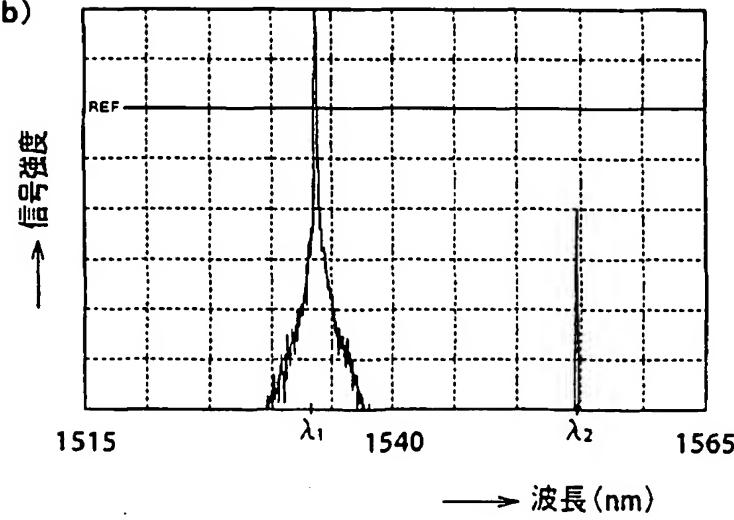


図 5

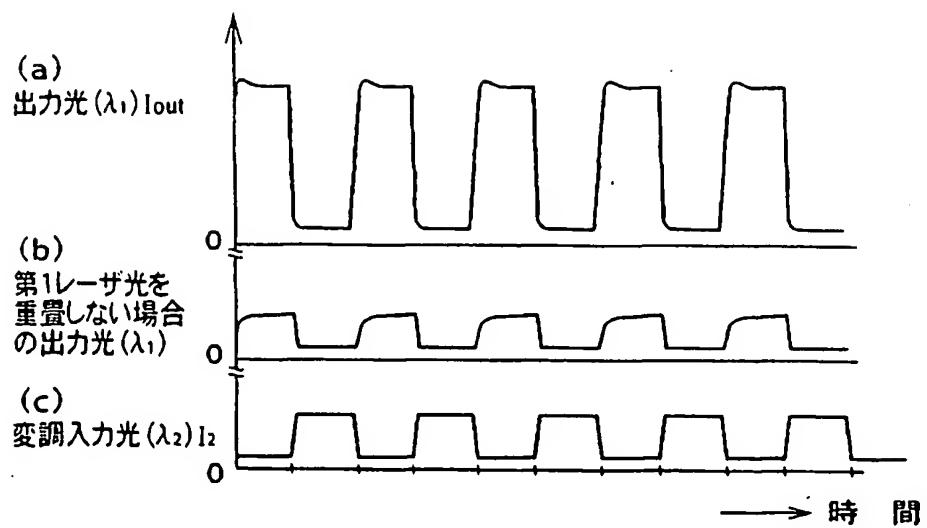


図 6

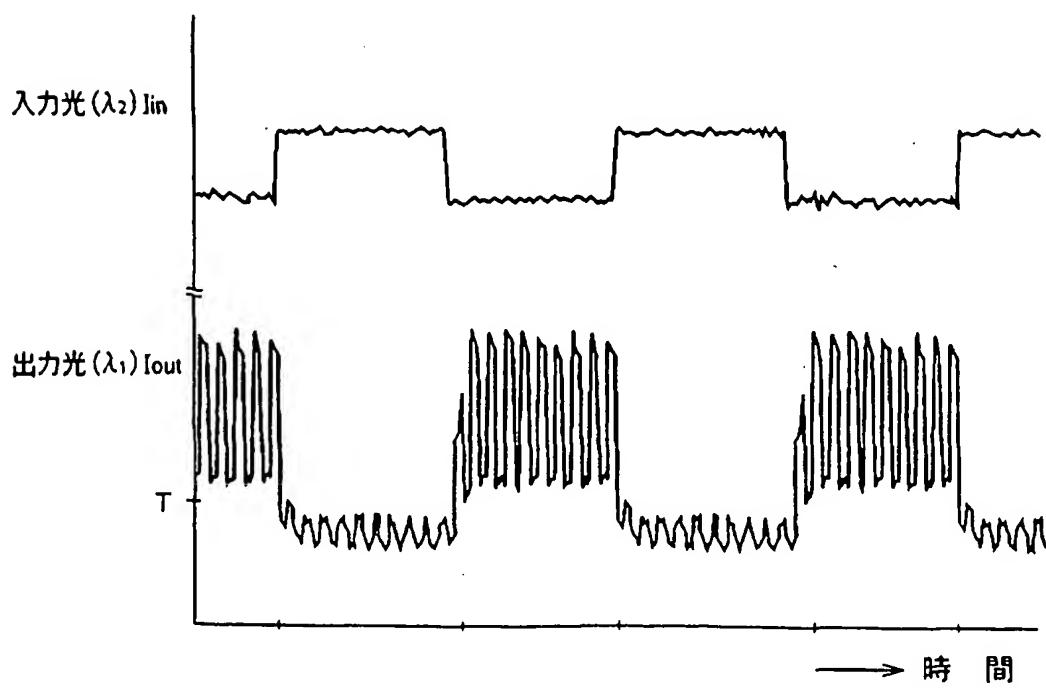


図 7

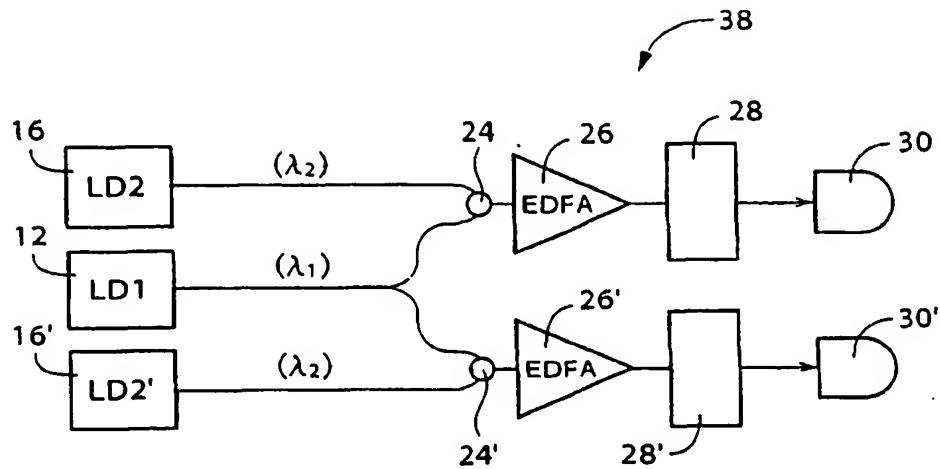


図 8

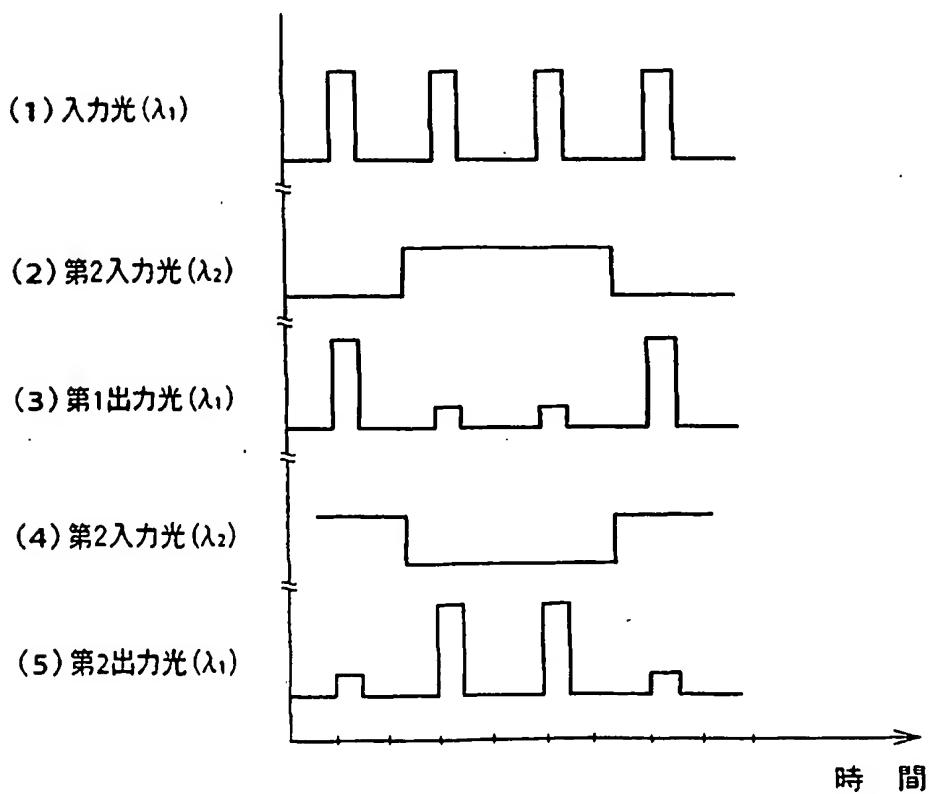


図 9

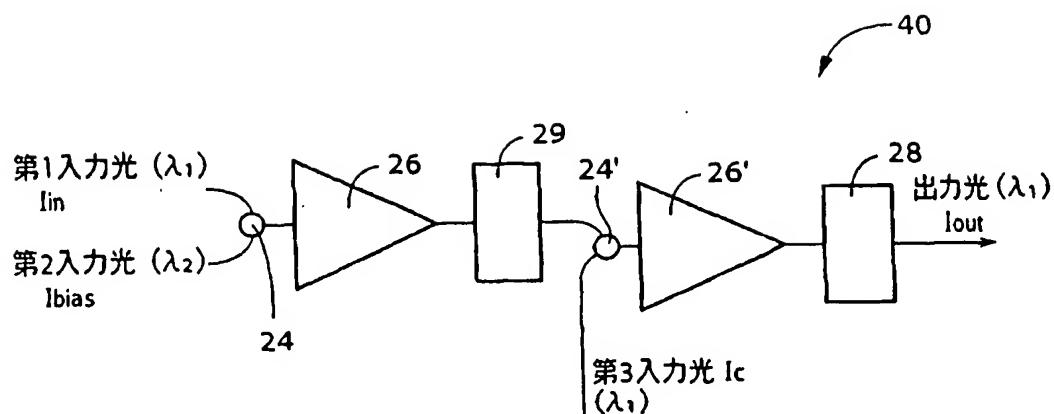


図 10

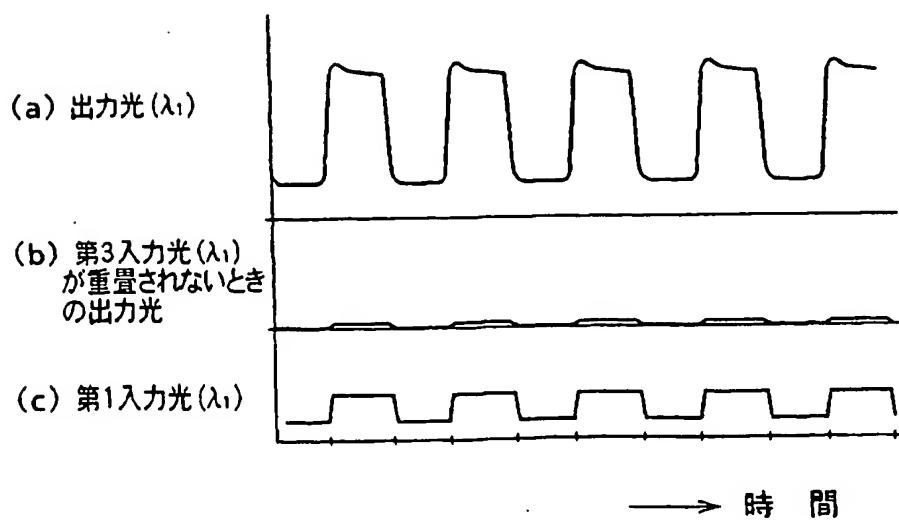


図 11

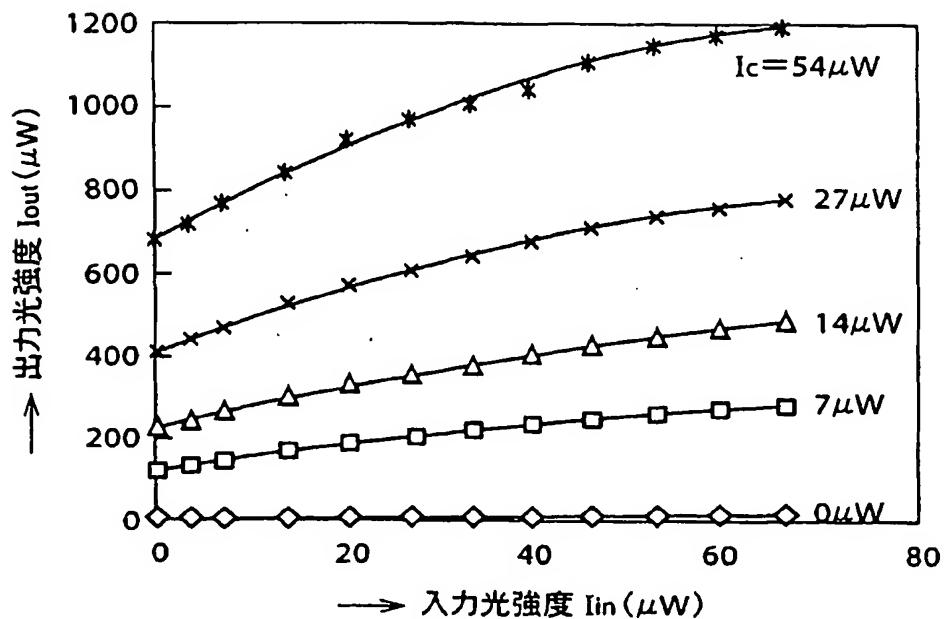


図 12

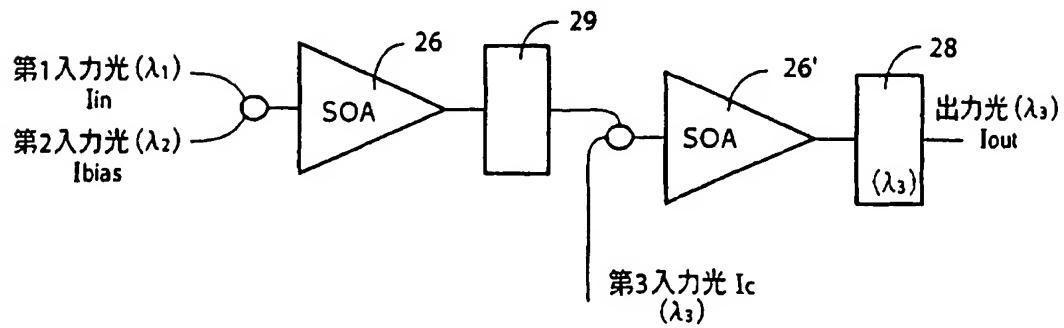


図 13

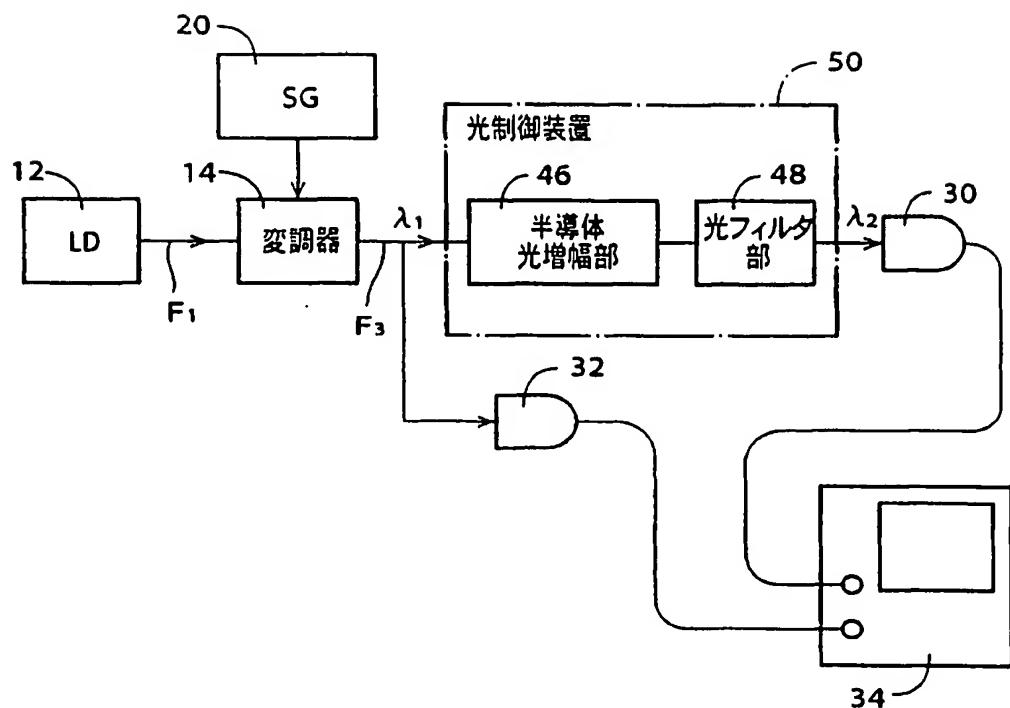
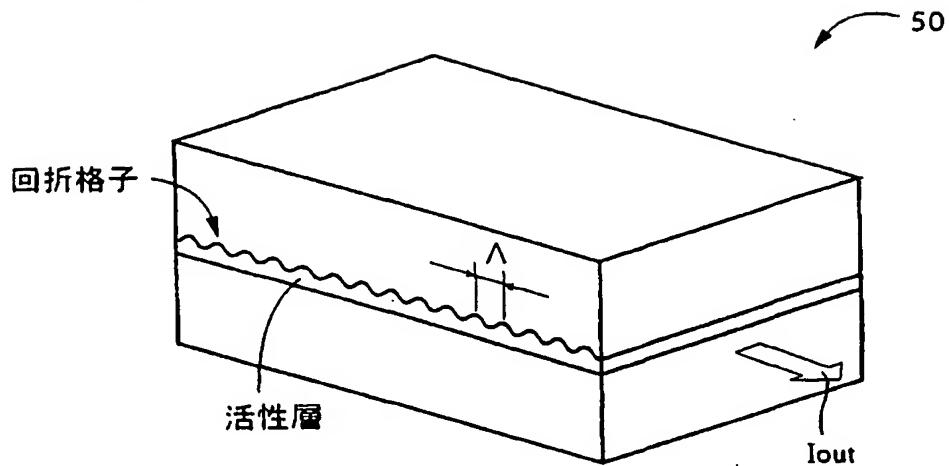


図 14

(a) DFBレーザ素子



(b) DBRレーザ素子

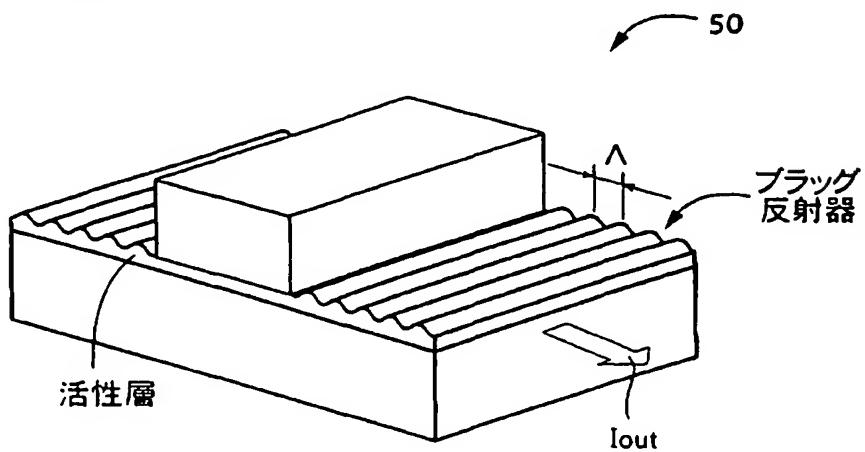


図 15

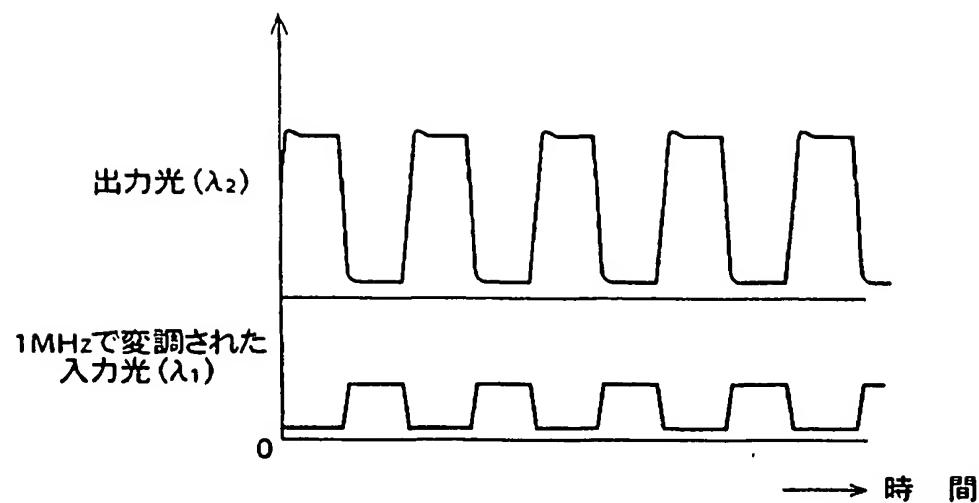


図 16

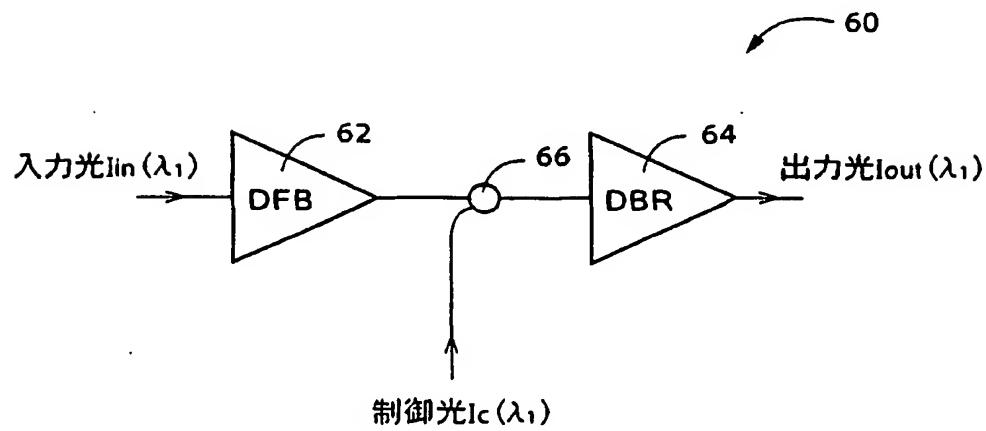


図 17

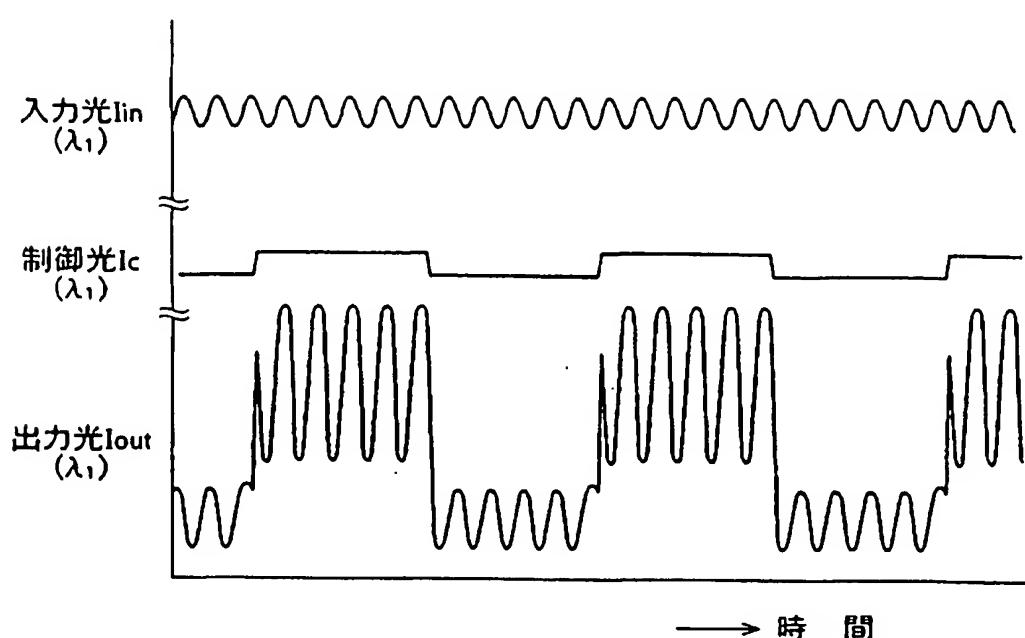


図 18

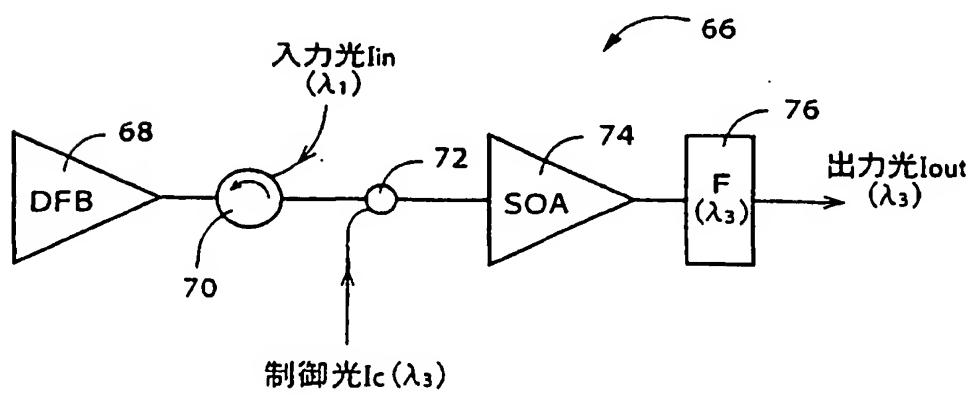
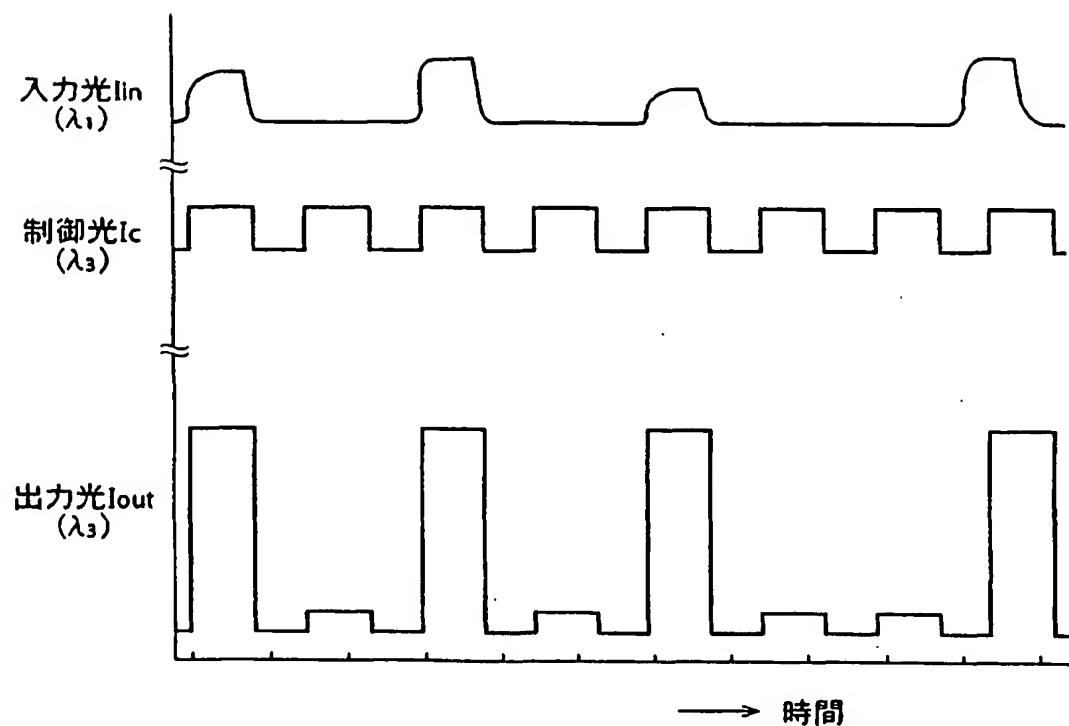


図 19



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/11329

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G02F2/02 H01S3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/01-3/00 H01S3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST  
USPTO Web Patent Database

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 09-304801 A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 28 November, 1997 (28.11.1997), Full text (Family: none)	2,3,4,6,9-15 1,5,7,8
X Y	US 5264960 A (AT&T BELL LABORATORIES), 23 November, 1993 (23.11.1993), Full text (Family: none)	1,3,5,9-15 2,4,6,7,8
X Y	Liu Deming, Ng Jun Hong, Lu Chao, Wavelength Conversion Based on Cross-Gain Modulation of ASE Spectrum of SOA, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, September 2000, Vol.12, No.9, pp.1222-1224	4,9-15 1,2,3,5-8

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"&amp;" document member of the same patent family

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

Date of the actual completion of the international search  
05 February, 2002 (05.02.02)Date of mailing of the international search report  
19 February, 2002 (19.02.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP01/11329

## A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. Cl' G02F2/02 H01S3/10

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. Cl' G02F1/01-3/00 H01S3/00

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年

## 国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

JICST

USPTO Web Patent Database

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 09-304801 A (日本電信電話株式会社) 28.11月.1997 (28.11.97), 全文 (ファミリーなし)	2, 3, 4, 6, 9-15
Y		1, 5, 7, 8
X	US 5264960 A (AT&T BELL LABORATORIES) 23.11月.1993 (23.11.93), 全文 (ファミリーなし)	1, 3, 5, 9-15
Y		2, 4, 6, 7, 8
X	Liu Deming, Ng Jun Hong, Lu Chao, Wavelength Conversion Based on Cross-Gain Modulation of ASE Spectrum of SOA, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, September 2000, Vol. 12, No. 9, p. 1222-1224	4, 9-15
Y		1, 2, 3, 5-8

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 05.02.02	国際調査報告の発送日 19.02.02
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官(権限のある職員) 佐藤 宙子 印 電話番号 03-3581-1101 内線 3293